

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

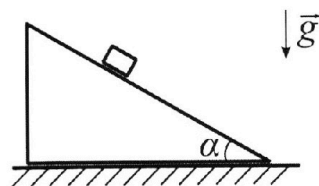
1. Шайба массой $m=0,4$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$, здесь $\vec{V}_0$ – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 2$ м/с, постоянная $T = 4$ с.

1. Найдите путь S , пройденный шайбой за время от $t=0$ до $t=3T$.
2. Найдите модуль F горизонтальной силы, действующей на шайбу.
3. Найдите работу A силы F за время от $t=0$ до $t=T$.

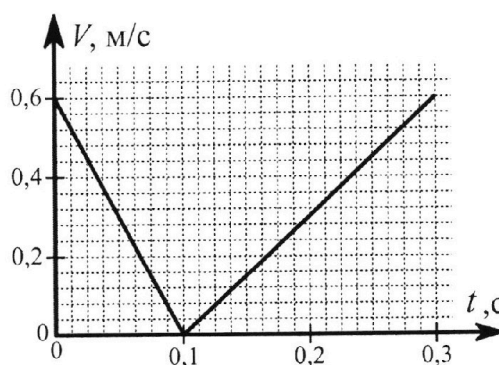
2. Камень брошен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. За первые $T = 2$ с полета модуль скорости камня уменьшился в два раза. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите вертикальное перемещение H камня за первые $T = 2$ с полета.
2. Найдите модуль $|\vec{r}(T)|$ перемещения камня за первые $T = 2$ с полета.
3. Найдите радиус R кривизны траектории камня в момент времени $T = 2$ с.

3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до и после остановки происходит по одной и той же прямой. Масса шайбы $m = 0,4$ кг, масса клина $1,5m$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.
2. Найдите модуль N силы нормальной реакции, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $0 < t < 0,1$ с.
3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $0 < t < 0,3$ с?





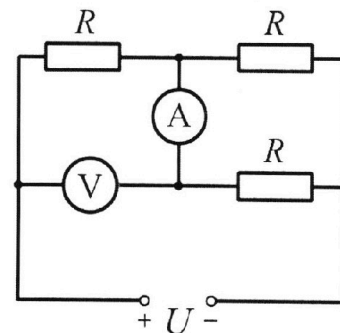
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 200$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 120$ В. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало по сравнению с R , сопротивление вольтметра очень велико по сравнению с R .



1 Найдите силу I тока, текущего через источник.

2 Найдите показание I_A амперметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при неизвестной температуре t_1 °С, помещают лед, температура которого $t_2 = -20$ °С. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы воды к массе льда $n = 11/9$.

1. Найдите долю δ массы льда, превратившейся в воду.

2. Найдите начальную температуру t_1 воды калориметре.

В теплообмене участвуют только лед и вода. Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,36 \cdot 10^5$ Дж/кг, температура плавления льда $t_0 = 0$ °С.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

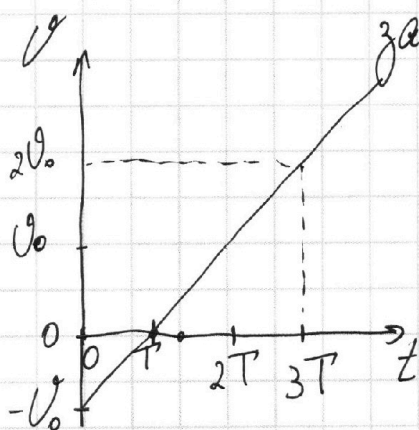
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$m = 0,4 \text{ кг} \quad T = 4 \text{ с} \quad \vec{v}_0 = 2 \text{ м/с}$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right) = t \frac{\vec{v}_0}{T} - \vec{v}_0$$

зависимость вида $y = kx + b$

зависимость линейная



$$\vec{v} = \vec{a}t + \vec{v}_0$$

← общая формула

$$\vec{v} = \frac{\vec{v}_0}{T}t - \vec{v}_0$$

← видно, что наша зависимость

$$\vec{a}_0 = \frac{\vec{v}_0}{T}$$

← ускорение тела

$$a_0 = \frac{v_0}{T} = \frac{2 \text{ м}}{4 \text{ с}} = 0,5 \text{ м/с}^2$$

перемещение тела

$$S = \frac{\vec{v}_0 T + 2\vec{v}_0 \cdot 2T}{2} = \frac{-\vec{v}_0 3T + \frac{a_0 9T^2}{2}}{2}$$

$$= 2,5 v_0 T = 2,5 \cdot 8 = 20 \text{ м}$$

$$= -\vec{v}_0 3T + \frac{\vec{v}_0 \cdot 9T^2}{T \cdot 2} = 3 \vec{v}_0 T \left(\frac{3}{2} - 1 \right) = 1,5 \vec{v}_0 T = \frac{3 \cdot 2 \cdot 4}{2} = 12 \text{ м}$$

1) Ответ: ~~20 м~~ 20 м

$$F = ma_0 = 0,4 \cdot 0,5 = 0,2 \text{ Н}$$

$$A = F \cdot l = 0,2 \cdot 12 = 2,4 \text{ Дж}$$

2) Ответ: 0,2 Н

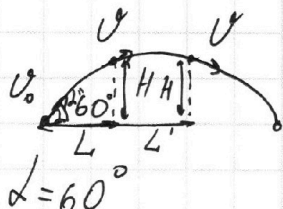
3) Ответ: 2,4 Дж.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

1
☐2
☒3
☐4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
12 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



U_0 - начальная скорость камня

U - скорость в мом. вр. T

$U_0 = 2U$ (по условию)

$$H = U_0 \sin \alpha T - \frac{g T^2}{2}$$

$$U(t) = \sqrt{(U_0 \cos \alpha)^2 + (U_0 \sin \alpha - g t)^2}$$

$$U^2 = 4U^2 \cos^2 \alpha + 4U^2 \sin^2 \alpha - 4U \sin \alpha g T + g^2 T^2$$

$$U_0^2 = 4U^2 - 4U \sin \alpha g T + g^2 T^2$$

$$U_{1,2} = \frac{U_0 + 4 \sin \alpha g T \pm \sqrt{16 \sin^2 \alpha g^2 T^2 - 4 \cdot 3 \cdot g^2 T^2}}{2} =$$

$$= \frac{4 \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2 \pm \sqrt{16 \cdot \frac{3}{4} \cdot 100 \cdot 4 - 12 \cdot 100 \cdot 4}}{2} =$$

$D=0 \Rightarrow$
Точка в которой $U = \frac{U_0}{2}$ только одна

$$= \frac{40 \sqrt{3} \pm 0}{2 \cdot 3} = \frac{20}{\sqrt{3}}$$

$$U = \frac{20 \sqrt{3}}{3}$$

$$H = U_0 \sin \alpha T - \frac{g T^2}{2} = \frac{40 \sqrt{3}}{3}$$

$$= \frac{40 \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{3} \cdot \frac{1}{2} - \frac{10 \cdot 4}{2} = 40 - 20 = 20 \text{ м}$$

1) Ответ: 20 м.

2) Ответ: $20\sqrt{5}$ м.

$$L = \sqrt{L^2 + H^2} = \sqrt{U_0^2 \cos^2 \alpha T^2 + H^2} = \sqrt{100 \cdot 3 \cdot 4 + 400} = \sqrt{400 \cdot 5} = 20\sqrt{5}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

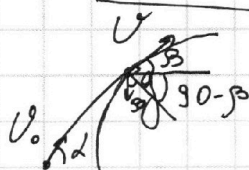
7
☐

СТРАНИЦА
2 ~~3~~ из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$|\vec{r}| = \sqrt{L^2 + H^2} = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha T^2 + H^2} = \sqrt{\frac{1600 \cdot 8}{8 \cdot 3} \cdot \frac{1}{4} \cdot 4 + 400} =$$
$$L = V_0 \cos \alpha T$$
$$= \sqrt{400 \left(\frac{4}{3} + 1\right)} = \underline{\underline{20\sqrt{\frac{4}{3}}}}$$

2) Ответ: $20\sqrt{\frac{4}{3}}$ м.



примерная кривизна траектории

$$a_{ц} = g \cos \beta = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{g \cos \beta}$$

центростремительное ускор. камня

~~$$\tan \beta = \frac{V_0 \sin \alpha}{V_0 \cos \alpha}$$~~

~~$$\cos \beta = \frac{V_0 \cos \alpha}{V}$$~~

~~$$\frac{20\sqrt{3}}{10}$$~~

~~$$R = \frac{V^2}{g \cos \beta} = \frac{V_0^2 \cos^2 \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{V_0^2 \cos \alpha}{g}$$~~

~~$$= \frac{20\sqrt{3} \cdot 8 \cdot 2}{8 \cdot 10 \cdot 40\sqrt{3}} = \frac{1600 \cdot 8 \cdot 2}{8 \cdot 10 \cdot 40\sqrt{3}} = \frac{400 \cdot 8 \cdot 2}{10 \cdot 40\sqrt{3}} = \frac{40 \cdot 8 \cdot 2}{10 \cdot 40\sqrt{3}} = \frac{40}{10\sqrt{3}} = \frac{4}{\sqrt{3}}$$~~

~~$$\frac{400}{10} = \frac{20 \cdot 2}{10 \cdot \sqrt{3}} = \frac{40}{10\sqrt{3}} = \frac{4}{\sqrt{3}}$$~~

3) Ответ: $13\frac{1}{3}$ м.

$$\cos \beta = \frac{V_0 \cos \alpha}{V} = 2 \cos \alpha$$

$$R = \frac{V^2}{2g \cos \alpha} = \frac{400 \cdot 8 \cdot 2}{3 \cdot 8 \cdot 2 + 0} = \frac{40}{3} = 13\frac{1}{3} \text{ м}$$

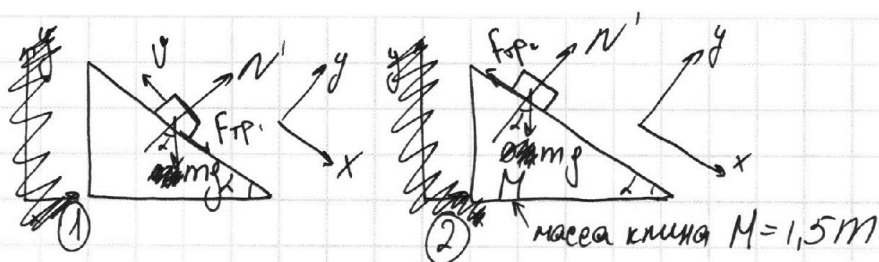


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

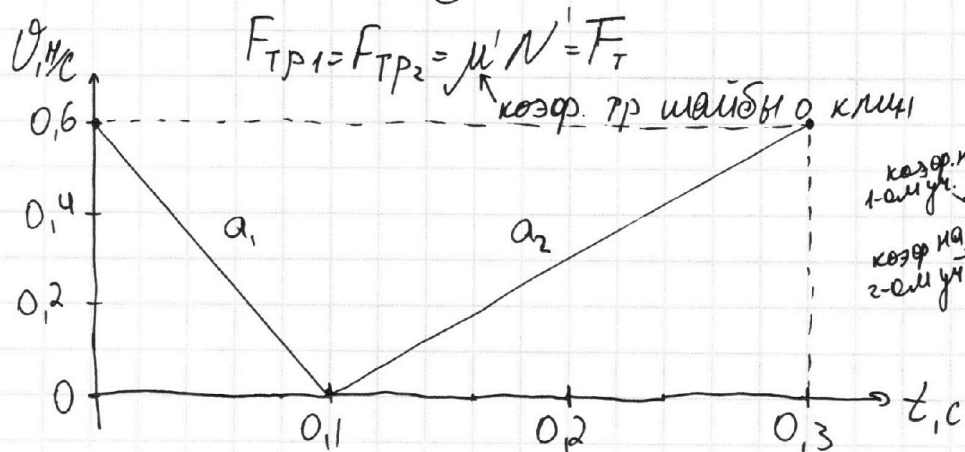
СТРАНИЦА
1 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$M = 1,5m = 0,6 \text{ кг}$$



коэф. на ш графика
1-ой ун. $k_1 = a_1 = \frac{0,6}{0,1} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

коэф. на 2-ой ун. $k_2 = a_2 = \frac{0,6}{0,2} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

1) y: $N' = mg \cos \alpha$

$F_T = \mu' N' = \mu' mg \cos \alpha$

1) x: $ma_1 = F_T + mg \sin \alpha$

$a_1 = \mu' g \cos \alpha + g \sin \alpha$

$a_1 = g(\mu' \cos \alpha + \sin \alpha)$

2) y: $N' = mg \cos \alpha$

$F_T = \mu' N' = \mu' mg \cos \alpha$

2) x: $ma_2 = mg \sin \alpha - F_T$

$ma_2 = mg \sin \alpha - \mu' mg \cos \alpha$

$a_2 = g(\sin \alpha - \mu' \cos \alpha)$

$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$

1) Ответ: $\sin \alpha = \frac{g}{20}$

$\sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{3 + 6}{2 \cdot 10} = \frac{9}{20}$

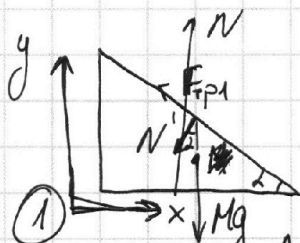


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
2 ~~4~~ из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$N = Mg + N' \cos \alpha - F_T \sin \alpha$$

$$N' = m g \cos \alpha$$

$$-g \sin \alpha + a_1 = \mu' g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$F_T = \mu' m g \cos \alpha =$$

$$= m (a_1 - g \sin \alpha)$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{\frac{400 - 18}{400}} = \sqrt{\frac{382}{400}} = \sqrt{\frac{95,5}{100}} = \sqrt{\frac{19,1}{20}}$$

$$N = 1,5 m g + m g \cos^2 \alpha - m (a_1 - g \sin \alpha) =$$

$$= m (1,5 g + g (1 - \sin^2 \alpha) - a_1 + g \sin \alpha)$$

$$N = 0,4 \left(15 + 10 \cdot \frac{19,1}{20} - 3 + 10 \cdot \frac{9}{20} \right) =$$

$$= 0,4 (15 + 9,55 - 3 + 4,5) = 0,4 \cdot 26,05 = \underline{\underline{10,42 \text{ Н}}}$$

2) Ответ: 10,42 Н.

$$\mu N > |F_x|$$

~~N_2~~

$$N_2 = Mg + N' \cos \alpha + F_T \sin \alpha$$

сила реакции опоры на клин, когда груз ускоренно идет вниз (2)



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

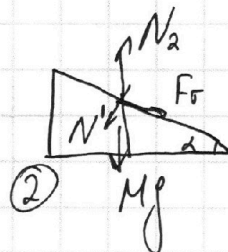
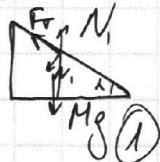
СТРАНИЦА
38 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

пусть μ_1 - min коэф тр. для покоя в ①

μ_2 - min коэф тр. для покоя в ②

$$N_1 \mu_1 \geq |F_{x1}| \quad N_1 = N$$
$$N_2 \mu_2 \geq |F_{x2}|$$



$$N_1 = N = Mg + N' \cos \alpha - F_T \sin \alpha \quad F_{x1} = |F_T \cos \alpha - N' \sin \alpha|$$

$$N_2 = Mg + N' \cos \alpha + F_T \sin \alpha \quad F_{x2} = |F_T \cos \alpha - N' \sin \alpha|$$

$$N_2 > N_1 \Rightarrow \mu_{\min} = \frac{F_x}{N_1} = \mu_1$$

$$|F_{x1}| = |F_{x2}| = |F_x|$$
$$N' = m g \cos \alpha$$
$$F_T = m(a_1 - g \sin \alpha)$$

$$\mu = \frac{F_x}{N} = \frac{|F_T \cos \alpha - N' \sin \alpha|}{Mg + N' \cos \alpha - F_T \sin \alpha} =$$

$$= \frac{|0,4(3 - 20 \cdot \frac{9}{20}) \sqrt{\frac{181}{200}} - 0,4 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{181}{200}} \cdot \frac{9}{20}|}{10,42} =$$

$$= \frac{2,40}{10,42} \sqrt{\frac{181}{200}} = \frac{120}{521} \sqrt{\frac{181}{200}}$$

3) Ответ: $\frac{120}{521} \sqrt{\frac{181}{200}} \leq \mu$

3) Ответ: $\frac{120}{521} \sqrt{\frac{181}{200}} \leq \mu < \infty$



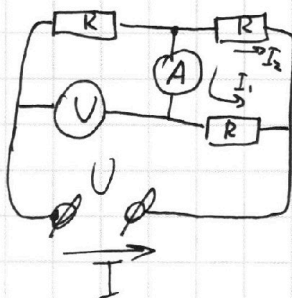
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
14 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$R = 200 \text{ Ом}$$
$$U = 120 \text{ В}$$
$$R_v \gg R$$
$$R_A \ll R$$



$$U = IR$$
$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

$$I_A = I_1$$

$$I = \frac{U}{R_0}$$

общее сопр. цепи

считаем, что $R_A \approx 0$, $R_v \rightarrow \infty$

$$R_0 = R + \frac{R^2}{2R} = 1,5R = 300 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{U}{1,5R} = \frac{120}{300} = 0,4 \text{ А}$$

1) Ответ: 0,4 А.

$$I_A = I_1$$

$$I = I_1 + I_2 = 2I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{I}{2} = I_A = \frac{U}{2 \cdot 1,5R} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ А}$$

2) Ответ: 0,2 А.

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{R_0} = \frac{120^2}{1,5 \cdot 200} = \frac{14400}{300} = 48 \text{ Вт}$$

3) Ответ: 48 Вт

амперметр при расчетах, заменим на разрыв цепи, а вольтметр на разрыв цепи. $I_1 = I_2$ т.к. симметрия откосит. АВ

R_1 - сопр этой цепи

$$\frac{12}{24} \cdot \frac{26}{48} = \frac{12}{144}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐2
☐3
☐4
☐5
☒6
☐7
☐СТРАНИЦА
18 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$t_1 = ? \quad C_b = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \quad C_n = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$t_2 = -20^\circ\text{C} \quad \lambda = 3,36 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m_n = m_b \quad \text{масса воды после установ. равновесия.}$$

$$n = \frac{m_b'}{m_n'} = \frac{11}{9}$$

$$\text{масса льда после установ. равновесия.}$$

$$m_n' = m_n(1 - \delta)$$

$$m_b' = m_b + m_n \delta$$

$$m_n = m_b = m$$

$$n = \frac{m(1 + \delta)}{m(1 - \delta)} \Rightarrow \frac{1 + \delta}{1 - \delta} = \frac{10}{8} \quad m_n' = 0,8m$$

$$\Rightarrow m_b' = 0,1m$$

$$\Rightarrow \delta = \frac{1}{10} = 0,1$$

1) Ответ: 0,1.

$m_n' \neq 0 \Rightarrow$ лед и вода остались в калориметре после наступл. равновесия.

$$C_b = 2C_n = 2C \quad C_n = C = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$(t_1 - t_0)m_b C_b =$$

$t_k = t_0 = 0^\circ\text{C}$
конечная температура

$$= \lambda(m_n - m_n') + m_n(t_0 - t_2)C_n$$

$$t_1 = \frac{t_0 m_b C_b + \lambda(m_n - m_n') + m_n(t_0 - t_2)C_n}{m_b C_b}$$

$$t_1 = \frac{2 \cdot 0,1m \cdot - \eta t_2 C}{2 \eta C} = \frac{3,36 \cdot 10^4 + 20 \cdot 2100}{4200}$$

$$= \frac{336 + 420}{42} = 18^\circ\text{C}$$

2) Ответ: 18°C



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

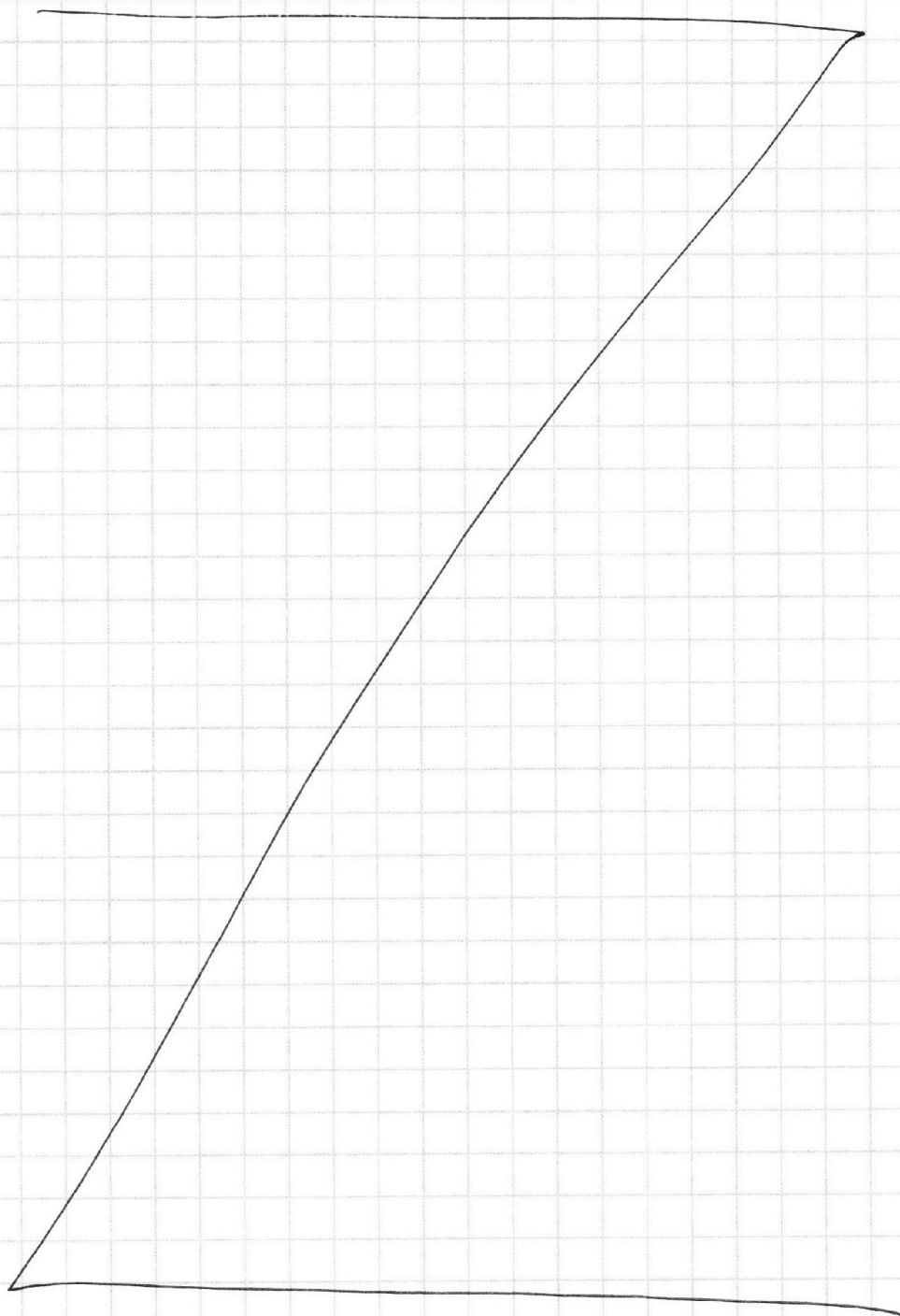
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

